

**SEMICONDUCTOR LASER DEVICE HAVING REFLECTION PREVENTIVE FILM**

Patent Number: JP10051072  
Publication date: 1998-02-20  
Inventor(s): NAKAHARA KOJI; UOMI KAZUHISA; AOKI MASAHIRO; TAKANO HIDEAKI  
Applicant(s): HITACHI LTD  
Requested Patent: ☐ JP10051072  
Application Number: JP19960201533 19960731  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S3/18; G02B1/11  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To materialize low reflectance independent of the dispersion in manufacture of silicon nitrides.

**SOLUTION:** A reflection preventive film is composed of the silicon nitride 101 of the first layer where the refractive index is 1.82 to 2.00 and the thickness of an optical film is seventeen-hundredths to twenty three-hundredths as large as the oscillated wavelength and the silicon oxide 102 of the second layer where the thickness of the optical film is three-hundredths to fifteen-hundredths as large as the oscillated wavelength. Here, selecting the silicon nitride and the silicon oxide of such film thickness and refractive indexes that the reflectance becomes minimum to the laser oscillating wavelength will enable the reflectance to be under 0.6% even if the dispersion in manufacture of silicon nitrides and silicon oxides occurs. This way, a reflection preventive film which has stable low reflectance independent of the refractive index and the film thickness of the silicon nitride 101 is provided, and the yield in single vertical mode of a DFB (distributed feedback type) can be improved.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-51072

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
G 0 2 B 1/11			G 0 2 B 1/10	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平8-201533	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成8年(1996) 7月31日	(72) 発明者	中原 宏治 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	魚見 和久 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	青木 雅博 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74) 代理人	弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜を有する半導体レーザ装置

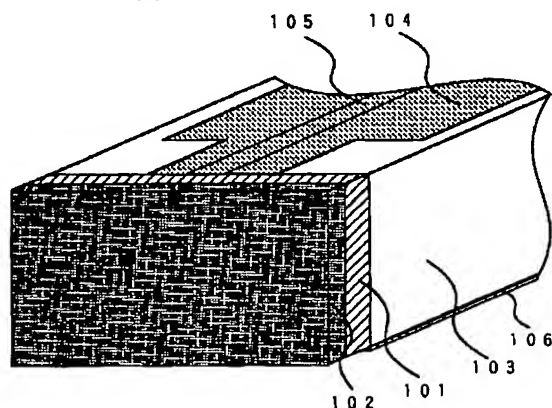
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 窒化シリコンの製造ばらつきに依らない低反射率を実現する構造の反射防止膜を有する半導体レーザ装置の提供。

【解決手段】 屈折率が1.82から2.00で光学膜厚が発振波長の0.17倍から0.23倍の第1層の窒化シリコン101、及び光学膜厚が発振波長の0.03倍から0.15倍の第2層の酸化シリコン102から構成され、レーザ発振波長に対して最小反射率となる膜厚、屈折率の窒化シリコン及び酸化シリコンを選択すると窒化シリコン、酸化シリコンの製造ばらつきが生じても反射率を0.6%未満にすることができる。

【効果】 窒化シリコンの屈折率、膜厚のばらつきに依らず安定した低反射率を有する反射防止膜を提供し、D F Bレーザの単一縦モード歩留まりを向上させることができる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光を閉じ込めるストライプ部と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造を有し、ストライプ部の実効的な屈折率である有効屈折率が3.1から3.27の半導体レーザにおいて、少なくとも1つ以上の光出射端面上に順に形成された第1、第2の誘電体薄膜を備え、第1の誘電体薄膜は、光学膜厚が前記半導体レーザの発振波長の0.17倍から0.23倍である窒化シリコンから成り、第2の誘電体薄膜が酸化シリコンから成る反射防止膜を有する半導体レーザ装置。

【請求項2】請求項1記載の反射防止膜において第1の誘電体薄膜の窒化シリコン薄膜の屈折率が1.82から2.00であることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜を有する半導体レーザ装置。

【請求項3】請求項2記載の反射防止膜において第2の誘電体薄膜の酸化シリコンの光学膜厚が0.03から0.15倍であることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ用反射防止膜を有する半導体レーザ装置。

【請求項4】前記の反射防止膜において第1の誘電体薄膜を形成後、観測された第1の誘電体薄膜の屈折率、膜厚により、前記半導体レーザの端面から第1、第2の誘電体薄膜を通り外部へ出射されるレーザ光の反射率を最小とするときの第2の誘電体薄膜の膜厚が補正された値を持つことを特徴とする半導体レーザ用反射防止薄膜を有する請求項1、請求項2及び請求項3のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信などに利用される情報伝送を行う半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムが世界規模で拡充しつつある今日、光通信用のレーザでは低コスト化のために製造歩留まりの高い半導体レーザが求められている。中距離及び長距離光通信では、単一縦モード発振を得るために活性層に隣接して回折格子を備えた分布帰還型（DFB）レーザが使用される。しかし、同一周期の均一な回折格子を備えたDFBレーザでは端面における回折格子の位相により単一縦モードで発振するか2つのモードになるかが決定される。一般に回折格子の周期は200から240nm程度であり、現在の劈開技術の精度では回折格子の端面の位相を制御することはできない。よって単一縦モードで発振する割合は確率的に決まる。またこの確率はレーザ端面の反射率によっても大きく変わる。図2に計算によって得られた単一縦モード歩留まりの前端面反射率依存性を示す。図より前端面の反射率は小さいほど歩留まりは向上する。反射防止膜については、上手らにより「DFBレーザにおけるエラーレート特性の端面反射率依存性」（昭和63年電子情報通信学会秋季全国大会C-153）に開示されているように一般に窒化シリコン

が用いられている。図3に従来例の斜視図を示す。図3において302は半導体レーザの結晶部でその出射端面に301の窒化シリコン薄膜を成膜する。305はストライプの電極で303、305は他方の電極である。しかし、窒化シリコンの反射率は最小でも1%程度であり、さらに窒化シリコン中の窒素の割合が一定でなく製造の度にその割合が変わるので屈折率が5%程ばらつき、また膜厚も製造の度に5%程、変化するので反射率は1%より高くなる場合が多々あり、DFBレーザの単一縦モード発振の歩留まりの向上を妨げていた。

【0003】また、半導体レーザと電界吸収型変調器が集積化された変調器集積化レーザ光源はその優れた特性から長距離通信に使用されるが、出射端面の反射により特性が著しく劣化する。つまり、0.05%以上の反射があると電界吸収型変調器で強度変調された反射光がレーザ部に戻り、レーザ部の発振波長の変動を生じるという問題である。これを解決するため、出射前端面の一部に窓領域を作り、反射防止膜と窓領域との組み合わせで反射率を下げる構成が一般的に用いられる。この構成において窓領域端面の反射防止膜は0.2%以下にする必要があり窒化シリコン単層膜での反射防止膜形成は困難であった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は窒化シリコンの製造ばらつきに依らない低反射率を実現する構造の反射防止膜を提供し、DFBレーザにおける高歩留まりの単一縦モードを実現することにある。また、変調器集積化レーザ光源の窓領域前端面に安定した低反射率を実現する反射防止膜を提供し、レーザ部への戻り光の無い、良好な高周波特性の変調器集積化レーザ光源を実現することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記の課題は以下の手段により解決される。

【0006】図1のように半導体レーザ結晶部103の光出射端面に少なくとも窒化シリコン薄膜101、酸化シリコン薄膜102を順に形成する。図1において104は上部電極、105はストライプ、106は下部電極である。前述のように窒化シリコン膜は屈折率が製造の度にばらつくが酸化シリコン膜の屈折率は1.45とほぼ一定となる。ばらつく可能性のある窒化シリコンの屈折率を成膜装置で成膜されたものの平均値として使用し、半導体レーザの端面から上記の誘電体薄膜を通り外部へ出射されるレーザ光の反射率が最小となるときの窒化シリコン、酸化シリコンの膜厚を求め、これらの膜厚で反射防止膜を構成すると、製造ばらつきが生じても反射率は0.6%を越えない。表1に反射率の膜厚及び屈折ばらつき依存性の例を示す。これは1.3μm帯DFBレーザに本発明の反射率を適用した例である。反射率の計算は厳密解が求められる有効フレネル法を使用した。半導体レーザ

の有効屈折率は3.241で、酸化シリコンの屈折率は定数として計算した。表より窒化シリコンの膜厚及び屈折率が5%、酸化シリコンの膜厚が5%変化しても反射率は0.55%未満であることがわかる。以上の手段により前述

の課題は解決される。

【0007】

【表1】

表1

窒化シリコンの膜厚ばらつき(%)	酸化シリコンの膜厚ばらつき(%)	1.3 $\mu$ m 半導体レーザ光の反射率(%)		
		窒化シリコンの屈折率ばらつき(%)		
		-5	0	+5
-5	-5	0.487	0.183	0.302
-5	0	0.405	0.102	0.212
-5	+5	0.359	0.050	0.143
0	-5	0.221	0.0084	0.252
0	0	0.219	0.00060	0.227
0	+5	0.250	0.019	0.221
+5	-5	0.175	0.075	0.460
+5	0	0.248	0.1352	0.493
+5	+5	0.353	0.219	0.543

反射率が最小となる窒化シリコンの膜厚=0.134  $\mu$ m、  
酸化シリコンの膜厚=0.087  $\mu$ m  
窒化シリコンの屈折率=1.901、酸化シリコンの屈折率=1.45

【0008】製造ばらつきによらず、さらに反射率を低減させるためには以下の手段による。まず上記の方法により予め最小反射率となる第1層の窒化シリコンと第2層の酸化シリコンの膜厚を求める。計算により得られた膜厚で第1層の窒化シリコンを半導体レーザ端面に成膜する。成膜後、エリプソメータなどを使用して窒化シリコンの膜厚及び屈折率を測定する。次にこの測定値を定数として最小となる反射率の場合の酸化シリコンの膜厚を再度、厳密解の有効フレネル法または近似解であるベクター法で計算する。算出された第2層酸化シリコンの膜厚を第1層窒化シリコン上に成膜することで本発明の目的は達成される。また簡便には窒化シリコン成膜後、反射率の測定により光学膜厚を測定し、窒化シリコンの平均の屈折率を使用することで第2層酸化シリコンの膜厚を補正することも可能である。

【0009】窒化シリコン薄膜の屈折率の製造ばらつきを定量化するために窒化シリコン薄膜の屈折率を統計的に調査した。この結果を図4に示す。図4から窒化シリコン薄膜の平均屈折率は1.91で標準偏差は $2\sigma=0.091$ であった。よって窒化シリコン薄膜は1.82から2.00までばらつくことがわかる。また、半導体レーザのストライプ内の有効屈折率はその発振波長によって3.1から3.27まで変化する。このような範囲で屈折率が変化した場合に、最小反射率を取る時の窒化シリコン薄膜と酸化シリコン薄膜の2層膜のそれぞれの光学膜厚をレーザの発振波長で割った値を求め、それらの取り得る範囲について計算した結果を図5に示す。ここで光学膜厚とはその薄膜の屈折率と膜厚をかけたものである。図5から窒化シリコン薄膜は光学膜厚でレーザの発振波長の0.17倍から0.24倍まで変化し、酸化シリコン薄膜は光学膜厚でレー

ザの発振波長の0.03倍から0.15倍まで変化的ことが判明した。よってこの範囲内で有効フレネル法またはベクター法で計算を行い、最小反射率を持つ、窒化シリコン薄膜と酸化シリコン薄膜の光学膜厚の組み合わせを選べば良い。尚、この範囲内での最小反射率は $1 \times 10^{-3}\%$ 以下であり反射防止膜として十分な特性を持つ。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明による第1の実施例を図6に示す。図6において605、608はそれぞれ半導体レーザの上部電極、下部電極である。レーザ構造は当該分野で周知なものでよく例えばp型InP基板の埋め込み型DFBレーザ603を使用する。発振波長は1.3  $\mu$ mである。活性層は井戸層に圧縮歪を有するInGaAsPの多重量子井戸構造である。活性層607を含めたストライプの有効屈折率は3.241であった。1周期202.0nmの回折格子604を活性層に隣接して設けている。後端面606にはアモルファスシリコンと酸化シリコンから成る反射率70%の反射コーティングを施してある。前端面601、602は本発明による反射防止膜である。有効フレネル法の計算によると最小反射率のときの窒化シリコン、酸化シリコンの膜厚はそれぞれ0.134  $\mu$ m、0.087  $\mu$ mである。このとき窒化シリコンの屈折率は1.901を使用した。この計算に基づき、RFスパッタ法により第1層窒化シリコン薄膜、第2層酸化シリコン薄膜を成膜した。成膜後に第1層、第2層の膜厚及び屈折率を測定したところ、窒化シリコン膜は屈折率1.940、膜厚0.129  $\mu$ mで酸化シリコン膜は屈折率1.45、膜厚0.085  $\mu$ mであった。反射率は再計算によると0.09%、測定では0.1%となった。この反射防止膜による半導体DFBレーザの単一縦モード発振の歩留まりは44%と高かった。

【0011】本発明による第2の実施例を図6に示す。レーザ構造は当該分野で周知なものでよく例えばn型InP基板上のリッジ型DFBレーザ603を使用する。発振波長は $1.55\mu\text{m}$ である。活性層は井戸層に圧縮歪を有するInGaAsPの多重量子井戸構造である。活性層を含めた多層構造の有効屈折率は3.195であった。1周期241.0nmの回折格子604を活性層に隣接して設けている。後端面608にはアモルファスシリコンと酸化シリコンから成る反射率90%の反射コーティングを施してある。前端面601、602は本発明による反射防止膜である。ベクターの計算によると最小反射率のときの窒化シリコン、酸化シリコンの膜厚はそれぞれ $0.151\mu\text{m}$ 、 $0.118\mu\text{m}$ である。この計算に基づき、RFスパッタ法により第1層窒化シリコン薄膜を成膜した。窒化シリコン形成後、エリプソメータにより屈折率及び膜厚を測定したところ、それぞれ1.853、膜厚 $0.162\mu\text{m}$ であった。この測定値を基に再度、ベクター法により酸化シリコンを窒化シリコン上に付けたときに最小となる反射率を求め、膜厚 $0.101\mu\text{m}$ を得た。次にこの膜厚で酸化シリコンを窒化シリコン上に成膜した。その結果、反射防止膜の反射率は0.18%となった。本発明の反射防止膜を備えた半導体レーザの単一縦モード発振の歩留まりは62%と高かった。

【0012】本発明による第3の実施例を図7に示す。図7はn型InP基板上の変調器集積化レーザ光源の模式図である。図7において705、708はそれぞれ集積化レーザ光源の半導体レーザ部の上部電極、下部電極であり、また706は半導体レーザ部の後端面反射膜である。レーザ部703の発振波長は $1.55\mu\text{m}$ である。活性層707はInGaAsPの多重量子井戸構造である。704の回折格子により単一発振モードを得ている。変調器集積化レーザ光源では、レーザ部は常時レーザ発光させておき、その前にある変調器709でレーザ光を高速変調する。変調器内の多重量子井戸層710はレーザ部の多重量子井戸層よりエネルギーバンドギャップが大きくなるように作製されている。変調器の電極711に逆電圧を加えると量子閉じ込めシュタルク効果によりレーザ光は変調器で吸収され、レーザ光は外部に出ない。変調器部上部電極711に電圧を加えないときにはレーザ光は変調器で吸収されずに外部にレーザ光が出力される。712はInPの窓領域で、701、702が本発明による反射防止膜である。InP窓領域の屈折率は3.17である。有効フレネル法の計算によると最小反射率のときの窒化シリコン、酸化シリコンの膜厚はそれぞれ $0.158\mu\text{m}$ 、 $0.108\mu\text{m}$ である。このとき窒化シリコンの屈折率は1.899を使用した。この計算に基づき、RFスパッタ法により第1層窒化シリコン薄膜、第2層酸化シリコン薄膜を成膜した。成膜後に第1層、第2層の膜厚及び屈折率を測定したところ、窒化シリコン膜は屈折率1.870、膜厚 $0.150\mu\text{m}$ で酸化シリコン膜は屈折率1.45、膜厚 $0.112\mu\text{m}$ で

あった。反射率は再計算によると0.09%、測定では0.11%となった。窓領域を含めた反射率は0.03%未満となり、この変調器集積化レーザ光源の高周波応答特性は13GHzまで平坦で良好な特性が得られた。また戻り光低減によるチャープピング減少の効果により伝送速度毎秒2.5Gbでの通常分散ファイバへの最大伝送距離が、窒化シリコンの単層膜を用いた場合の200kmから、600km以上に増大した。

#### 【0013】

【発明の効果】本発明によれば、窒化シリコンの製造ばらつきによらずに安定した反射防止膜（反射率<0.6%）を容易に作製可能であり、DFBレーザの単一縦モード発振の歩留まりを向上することができる。また変調器集積化レーザ光源においては戻り光を低減し、高周波特性を容易に向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザ端面上の反射防止膜。

【図2】DFBレーザの単一縦モード歩留まりの前端面反射率依存性の計算値の一例。

【図3】従来例の模式図。

【図4】窒化シリコン薄膜の屈折率の製造ばらつきを示す図。

【図5】窒化シリコン薄膜及び酸化シリコン薄膜が最小反射率となるときのそれぞれの光学膜厚／レーザ発振波長の窒化シリコン薄膜依存性。

【図6】本発明に基づいた第1及び第2の実施例による模式図。

【図7】本発明に基づいた第3の実施例による模式図。

#### 【符号の説明】

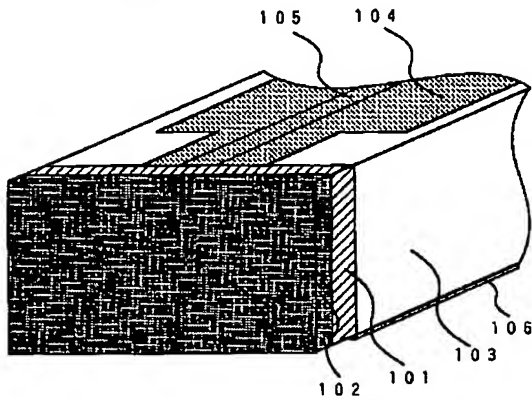
101	窒化シリコン薄膜
102	酸化シリコン薄膜
103	半導体レーザ
104	上部電極
105	ストライプ
106	下部電極
301	窒化シリコン薄膜
302	半導体レーザ
303	上部電極
305	ストライプ
306	下部電極
601	窒化シリコン薄膜
602	酸化シリコン薄膜
603	半導体レーザ（p型InP基板上埋込型DFBレーザまたはn型InP基板上リッジ型DFBレーザ）
604	回折格子（202.0nmまたは241.0nm）
605	上部電極
606	後端面反射膜
607	活性層（有効屈折率3.241または3.195）
608	下部電極

701 窒化シリコン薄膜  
 702 酸化シリコン薄膜  
 703 半導体レーザ部 (n型InP基板上DFBレーザ)  
 704 回折格子 (202.0nm)  
 705 上部電極  
 706 後端面反射膜

707 活性層  
 708 下部電極  
 709 変調器部  
 710 変調器部多重量子井戸層  
 711 変調器部上部電極  
 712 窓領域部。

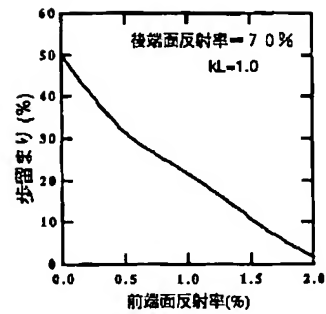
【図1】

図1



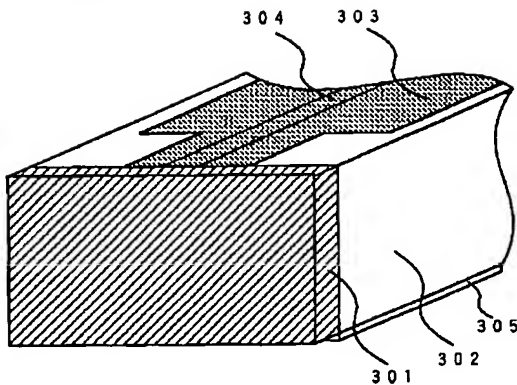
【図2】

図2



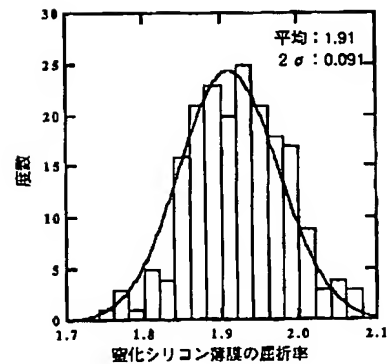
【図3】

図3



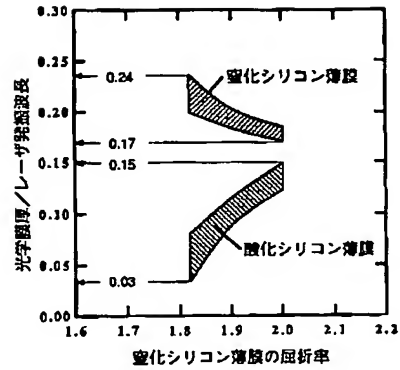
【図4】

図4



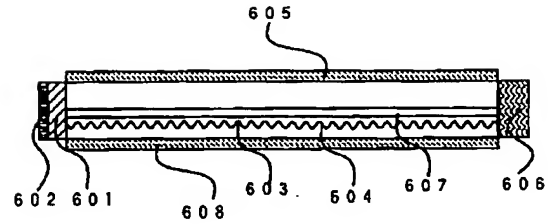
【図5】

図5



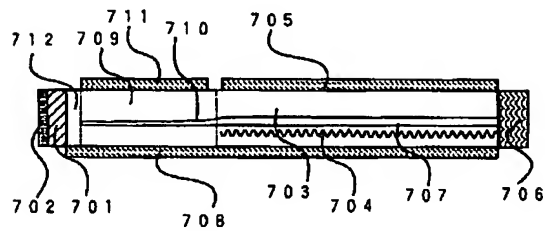
【図6】

図6



【図7】

図7



フロントページの続き

(72)発明者 鷹野 秀明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内